

⑤ Int. Cl. 3: H 01 L 41/08

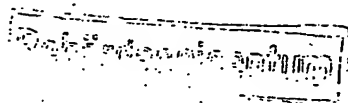
Int. Cl. 2:

H 01 L 41/10

B 05 B 17/04

⑯ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES PATENTAMT



DE 29 06 823 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 29 06 823

⑫

Aktenzeichen:

P 29 06 823.3

⑬

Anmeldetag:

22. 2. 79

⑭

Offenlegungstag:

4. 9. 80

⑮

Unionspriorität:

⑰ ⑱ ⑲

⑳

Bezeichnung:

Piezoelektrischer Koppelschwinger für Ultraschallfrequenzen

㉑

Anmelder:

Battelle-Institut e.V., 6000 Frankfurt

㉒

Erfinder:

Lierke, Ernst-Günter, Dipl.-Phys. Dr.-Ing., 6231 Schwalbach;
Heide, Wolfgang-Martin, Dipl.-Phys., 6100 Darmstadt

DE 29 06 823 A 1

2906823

389-78/2/79
CASCH/SUK

13. Februar 1979

5

BATTELLE - INSTITUT E.V., Frankfurt (Main)

10

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Koppelschwinger für Ultraschallfrequenzen, bei dem das piezoelektrische Anregungssystem in einen mechanischen Resonator eingefügt und zur Kopplung mechanisch vorgespannt ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator (1) mit einer Aussparung versehen ist, die der Form der piezoelektrischen Anregungselemente (3,4) entspricht und deren axiale Breite in ungekoppeltem Zustand geringfügig kleiner als die Dicke des piezoelektri-

15

20

030036/0126

schen Anregungssystem und zur Einführung bzw. Vorspannung des piezoelektrischen Anregungssystems thermisch oder mechanisch reversibel vergrößerbar ist.

- 5 2. Piezoelektrischer Koppelschwinger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Anregungselemente aus zwei jeweils halbierten Ringscheiben (3, 4) bestehen und der Resonator (1) mit einer entsprechenden Ringnut versehen ist.
- 10 3. Piezoelektrischer Koppelschwinger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Anregungselemente aus zwei Kreisscheibensegmenten (3, 4) bestehen und der Resonator (1) mit einer entsprechenden einseitigen
- 15 Aussparung versehen ist.
4. Piezoelektrischer Koppelschwinger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die piezoelektrischen Anregungselemente aus zwei rechteckigen Scheiben (3, 4) bestehen und
- 20 der Resonator (1) mit einer entsprechenden einseitigen Aussparung und einem Biegearm (10) versehen ist.
5. Piezoelektrischer Koppelschwinger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß an der Peripherie
- 25 der piezoelektrischen Scheiben (3, 4) eine Nut (7) vorgesehen ist, in die die Mittelelektrode einmündet und die mit einem Zuführungsdraht (8) mit Spannung versorgt wird.

6. Piezoelektrischer Koppelschwinger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Anregungselement aus einem zylindrischen Hohlschwinger (11) oder einem Stabschwinger (12) besteht und der Resonator (1) senkrecht zur Symmetrieachse mit einer entsprechenden Bohrung versehen ist.
7. Piezoelektrischer Koppelschwinger nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator (1) einen zur Bohrung führenden Schlitz aufweist.

389-78/2/79

13. Februar 1979

CASCH/SUK

5

BATTELLE - INSTITUT E.V., Frankfurt (Main)

10

=====
Piezoelektrischer Koppelschwinger
für Ultraschallfrequenzen
=====

15

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Koppelschwinger für Ultraschallfrequenzen, bei dem das piezoelektrische Anregungssystem in einen mechanischen Resonator eingefügt und zur Kopplung mechanisch vorgespannt ist.

Im unteren Ultraschallbereich, d.h. bei Frequenzen von weniger als 100 kHz wurden früher vorwiegend magnetostriktive Senderwandler eingesetzt, während für piezoelektrische Wandler der Frequenzbereich von mehr als 100 kHz vorbehalten war. Inzwischen haben sich aber Spezialkonstruktionen mit piezoelektrischer Anregung wegen ihres besseren elektromechanischen Wirkungsgrades und geringerer Herstellungskosten auch im

unteren Frequenzbereich durchgesetzt. Derartige Spezialkonstruktionen benutzen scheiben- oder ringförmige piezoelektrische Dicken- oder Radialschwinger in Kombination mit höher belastbaren Metallteilen, z.B. aus Titan, Stahl oder Aluminium oder aus Kombinationen dieser Metalle, um bei reduzierten Gesamtkosten und höherer mechanischer Belastbarkeit tiefere Resonanzfrequenzen zu erreichen, die für viele technische Anwendungen, z.B. Bohren, Schweißen, Reinigen, Flüssigkeitszerstäubung usw. bevorzugt werden.

10 Typische Koppelschwinger benutzen geschraubte Kombinationen aus zwei zylindrischen Metallteilen zwischen die ein piezokeramisches Ringpaar mit gemeinsamer Mittelelektrode nach Möglichkeit in der Nähe eines axialen Schnelleknotens ange-

15 ordnet wird. Das piezokeramische Ringpaar wird dabei durch eine zentrale Schraube unter hohem mechanischen Vordruck eingeklemmt, um die Zugbelastungen während der Schwingung, die im Bereich des Schnelleknotens über die mechanischen Festigkeitsgrenzen der Piezokeramik führen würden, herabzu-

20 setzen. Das Schraubverfahren hat sich für $\lambda/2$ -Koppelschwinger, an die beliebig geformte, abgestimmte Werkzeuge angeschraubt werden können, in der industriellen Praxis bewährt, ist aber, da Koppelschwinger aus mehreren Einzelteilen bestehen, deren Koppelflächen zur Erzielung optimalen mechanischen Kontaktes

25 geläpft werden müssen, in der Herstellung teuer und birgt außerdem durch die Verschraubung einen Verlustmechanismus, der den Wirkungsgrad bei speziellen Anwendungen herabsetzt. So

sind z.B. bei der Vernebelung von Flüssigkeiten die Eigenverluste des Wandlers weit größer als die Abstrahlungsverluste und der geschraubte Koppelschwinger kann sich bei großen Amplituden durch Eigenverluste erwärmen.

5

Für derartige Anwendungen sind deshalb Koppelschwinger im Einsatz, die anstelle des in der Nähe des Schnelleknotens geklemmten piezokeramischen Ringpaares eine einzige piezokeramische Scheibe benutzen, die am freien Ende des Wandlers, d.h. in der Nähe eines Schnellebauches auf den Metallpartner aufgeklebt werden. Insbesondere bei kleinen Amplituden, bei dünnen Piezokeramikscheiben und Durchmessern unter etwa 40 mm sind dabei die mechanischen Spannungen im Keramikmaterial und in der Klebestelle tolerierbar. Die Amplituden im Bereich der Piezokeramik und der Klebestelle werden zusätzlich durch die Formgebung des Koppelschwingers reduziert, so z.B. durch Abstufung oder exponentielle bzw. konische Verjüngung des Wandlers, wobei die Arbeitsfläche an dem der Klebestelle gegenüberliegenden freien Ende des Wandlers bei erheblicher Amplitudenverstärkung zunächst verkleinert wird. Durch weitere Formgebungsmaßnahmen, z.B. durch Biegeschwinger oder relativ dünne, unabgestimmte, die Frequenz des Wandlers wenig beeinflussende Flächenerweiterungen am verjüngten Ende des Wandlers kann die Arbeitsfläche ohne großen Amplitudenverlust und bei kleinem Lastwiderstand wieder vergrößert werden.

10

15

20

25

Geklebte Koppelschwinger mit Amplitudentransformation sind als reine Axialschwinger und als Radial-Axial-Schwinger-Kombination bekannt (R. Pohlmann, E.G. Lierke, VDI-Z., Bd. 108, Nr. 34, Dezember 1966, S. 1669; W.D. Drews, Keram.Z. (29), Nr. 1, 1977). Ihre Schwachstelle ist in der Regel insbesondere bei Langzeiteinsatz die Klebezone.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die genannten Nachteile bekannter Koppelschwinger zu vermeiden und einen neuen piezoelektrischen Koppelschwinger anzugeben, der die Zuverlässigkeit und den großen elektromechanischen Kopplungsfaktor des geschraubten Wandlers aufweist und bei dem nur geringe Eigenverluste auftreten.

Es hat sich gezeigt, daß sich diese Aufgabe in technisch fortschrittlicher Weise lösen läßt, wenn der Resonator mit einer Aussparung versehen ist, die der Form der piezoelektrischen Anregungselemente entspricht und deren Breite in ungekoppeltem Zustand geringfügig kleiner als die Dicke des piezoelektrischen Anregungssystems und zur Einführung bzw. Vorspannung des piezoelektrischen Anregungssystems thermisch oder mechanisch reversibel vergrößerbar ist. Weitere bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Koppelschwingers sind in den Patentansprüchen 2 bis 7 beschrieben.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen in schematischer Vereinfachung

Figuren 1 bis 4 verschiedene Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Koppelschwingers.

- Der in Figur 1a dargestellte Koppelschwinger weist einen Resonator 1 aus einem gestuften zylindrischen Metallteil auf, das z.B. aus Stahl angefertigt sein kann und eine vergrößerte Abstrahlfläche 2 besitzt. Zur Aufnahme des piezoelektrischen Anregungssystems ist der Resonator 1 ringsum mit einer Nut versehen. Das piezoelektrische Anregungssystem besteht aus 2 jeweils halbierten Ringpaaren 3 und 4, wie es in Figur 1b im Beispiel der halbierten Ringscheibe 3 gezeigt ist. Diese Ringscheiben müssen beidseitig aufgedampfte und eingebrannte leitfähige Schichten aufweisen.
- Die Abstrahlfläche 2 des Resonators 1 kann in diesem Fall durch einen Bohrkanal 5 mit Flüssigkeit versorgt werden, wenn der Wandler z.B. als Ölbrenner, Vergaser, Luftbefeuchter usw. zur Vernebelung eingesetzt werden soll.
- Die Ringnut wird auf etwa 300 °C, d.h. etwa unterhalb der Curie-Temperatur des piezoelektrischen Materials, aufgeheizt und erweitert sich bei einer axialen Breite von ca. 6 mm um ca. 25 µm. Dadurch kann das halbierte Ringpaar 3 und 4 mit entgegengesetzter Polarisationsrichtung ggfs. unter Zwischenlegen einer Kontaktfolie 6, wie es in Figur 1c gezeichnet ist, ohne Schwierigkeit in die Ringnut des Resonators 1 eingeschoben werden. Durch ein geringes Untermaß der Ringnut

läßt sich die Piezokeramik nach dem Abkühlen unter Vor-
spannung einschrumpfen. Die Schrumpfspannung bzw. der Spiel-
raum zum Einschrumpfen der Keramikscheiben 3 und 4 kann ver-
größert werden, wenn man unpolarisierte Piezokeramik in die
5 auf höhere Temperaturen von mehr als 300 °C, d.h. ohne Rück-
sicht auf die Curie-Temperatur des piezoelektrischen Materials,
erhitzte Ringnut einschiebt und später in eingebautem Zustand
in an sich bekannter Weise polarisiert. Die axiale Breite der
Ringnut kann auch mechanisch, z.B. durch Zug oder Biegung ver-
10 größert werden.

Zur Kontaktierung der Mittelelektroden mündet die üblicher-
weise aufgedampfte und eingebrannte leitfähige Schicht an der
Scheibenperipherie in eine Nut 7 ein, die mit einem Zu-
15 führungsdraht 8 mit Spannung versorgt wird. Diese Ausführungs-
form ist in Figur 1d gezeigt. Durch Auftragen eines dünn-
flüssigen, kapillaraktiven Klebers lassen sich die halbierten
Scheiben im Bereich der Sägeschnittstellen 9 nachträglich
sichern.

20

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird der zylindrische
Resonator anstelle einer Ringnut mit einer einseitigen Aus-
sparung versehen. Das piezoelektrische System besteht eben-
falls aus einem Scheibenpaar, das die Form eines Kreis-
25 scheibensegmentes aufweist. In Figur 2 wird die Herstellung
zweier solcher Koppelschwinger gezeigt. Die die Piezokeramik
aufnehmenden, nicht rotationssymmetrischen Radialnuten werden

hierbei durch Biegemomente, die durch Pfeile dargestellt sind, elastisch, also ohne Vorheizen, erweitert. Somit können mehrere Wandler aus metallischem Rundmaterial gleichzeitig oder nacheinander gedreht und erst nach dem Einschieben der Piezokeramik-Scheiben an den entsprechenden Teilen
5 abgestochen werden.

Der Resonator kann grundsätzlich jede beliebige Form besitzen, sofern er als Resonanzsystem durch die schwingende
10 Piezokeramik angeregt werden kann. Eine Variante mit rechteckigem Querschnitt ist in Figur 3 gezeigt. In diesem Fall ist der schlanke Metallteil 10 als Biegearm ausgebildet.

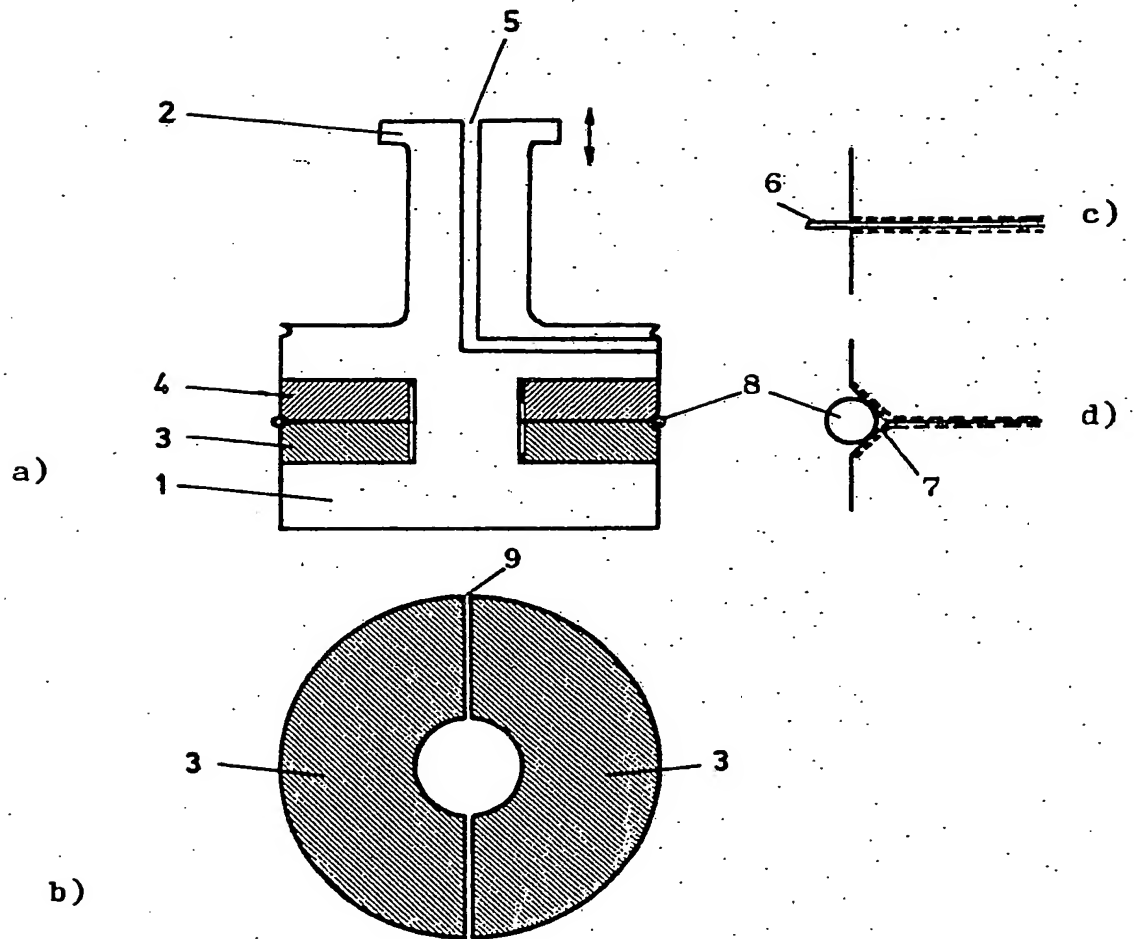
Bei den in Figuren 4a und 4b dargestellten Ausführungsformen
15 wird der Resonator 1 mit einer senkrecht zur Symmetrieachse verlaufenden Bohrung versehen. Als piezoelektrisches Element kann ein Hohlschwinger 11 oder Stabschwinger 12 in diese Bohrung eingeführt werden. In ungekoppeltem Zustand ist der Durchmesser der Bohrung geringfügig kleiner als der
20 Außenmesser des Hohl- bzw. Stabschwingers. Die Einführung und Vorspannung kann wie oben erläutert durch Erwärmung und Abkühlung erfolgen. Es ist aber auch möglich, den Bohrungsdurchmesser mechanisch zu erweitern, wenn der Resonator an einer entsprechenden Stelle mit einem zur Bohrung
25 führenden Schlitz versehen wird.

-44-

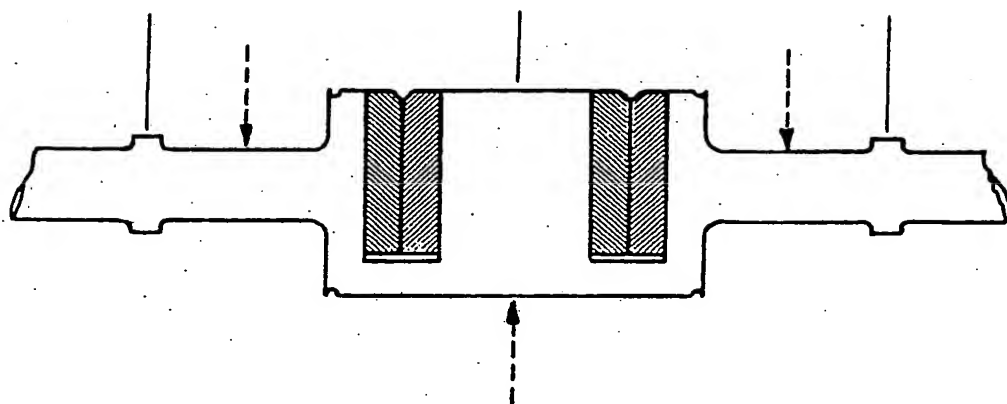
Leerseite

2906823

Nummer: 29 06 823
 Int. Cl. 2: H 01 L 41/10
 Anmeldetag: 22. Februar 1979
 Offenlegungstag: 4. September 1980

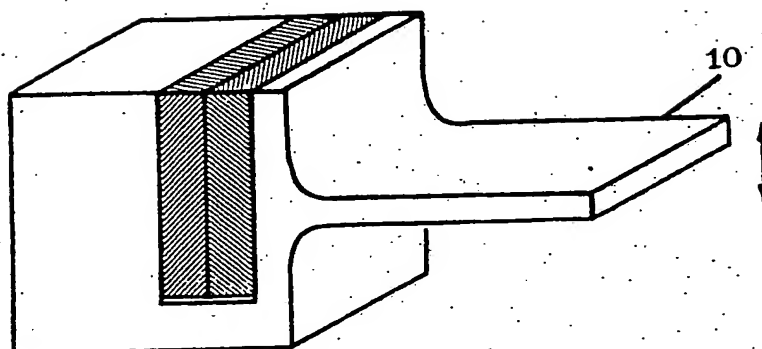


Figur 1

Figur 2

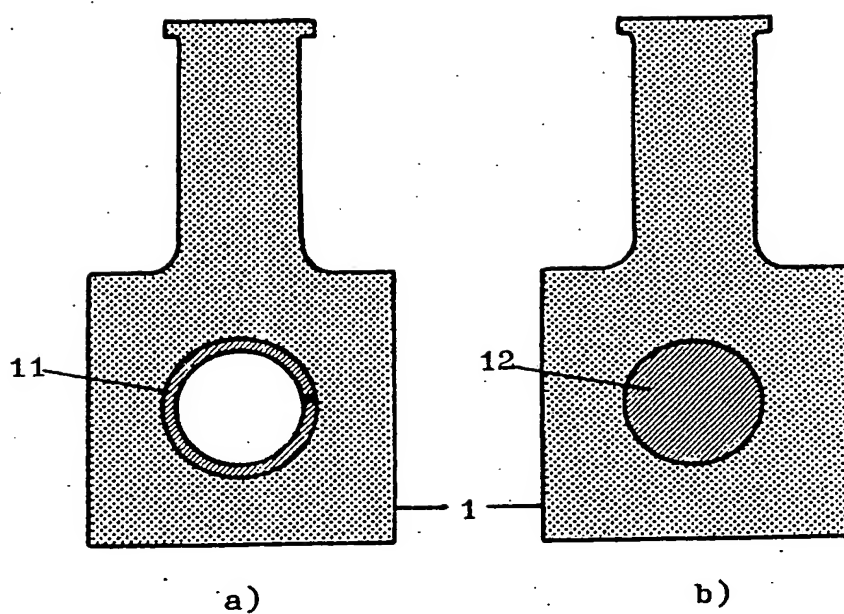
2906823

- 13 -



Figur 3

030036/0126

Figur 4